

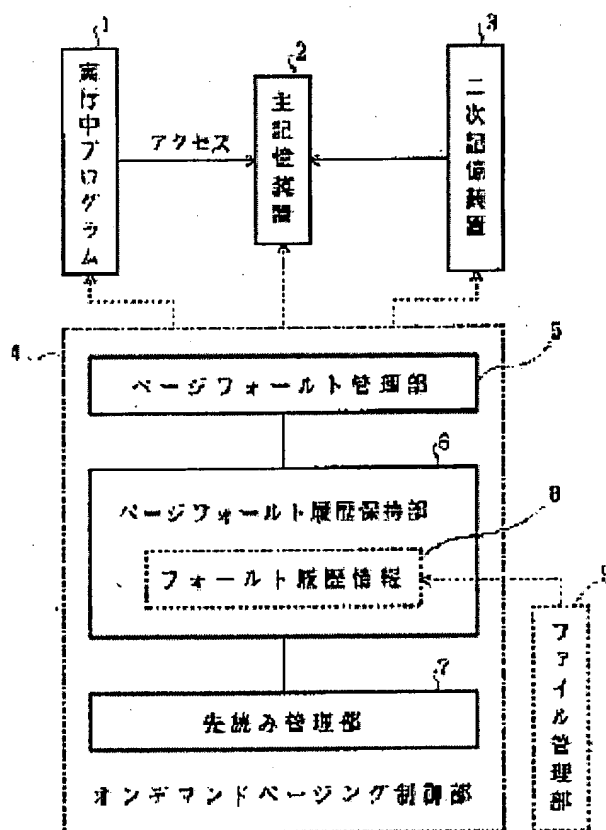
# LOOK-AHEAD METHOD IN ON-DEMAND PAGING

**Patent number:** JP8161230  
**Publication date:** 1996-06-21  
**Inventor:** KITAYAMA TAKUROU  
**Applicant:** OKI ELECTRIC IND CO LTD  
**Classification:**  
 - international: G06F12/10  
 - european:  
**Application number:** JP19940300501 19941205  
**Priority number(s):**

## Abstract of JP8161230

**PURPOSE:** To lower a page fault generation rate at the time of program execution for noncontinuously referring to pages and to accelerate a processing speed.

**CONSTITUTION:** A program 1 during execution accesses a main memory unit 2, and when a page fault is generated, several pages including the page concerned are read. In this case, the page referred to next the page concerned in the past is stored in fault history information 8. Thus, when the page fault is generated, the pages are looked ahead in the order when the fault history information 8 is present and the pages are looked ahead in the order of storage in a secondary storage device in the other case.



Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平8-161230

(43)公開日 平成8年(1996)6月21日

(51)Int.Cl.<sup>6</sup>

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

G 0 6 F 12/10

F 7623-5B

審査請求 未請求 請求項の数3 O L (全 5 頁)

(21)出願番号 特願平6-300501

(22)出願日 平成6年(1994)12月5日

(71)出願人 000000295

沖電気工業株式会社

東京都港区虎ノ門1丁目7番12号

(72)発明者 喜多山 卓郎

東京都港区虎ノ門1丁目7番12号 沖電気  
工業株式会社内

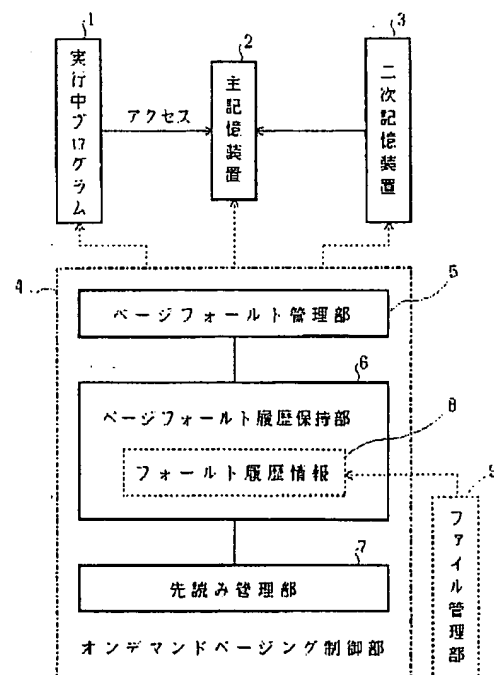
(74)代理人 弁理士 鈴木 敏明

(54)【発明の名称】 オンデマンドページングにおける先読み方法

(57)【要約】

【目的】 非連続的にページを参照するプログラム実行の際のページフォールト発生率を低下させ、処理速度の向上を図る。

【構成】 実行中プログラム1が主記憶装置2をアクセスし、ページフォールトが発生するとそのページを含む数ページが読み出される。この場合に、過去にそのページの次に参照されたページをフォールト履歴情報8の中に格納しておく。従って、ページフォールトが発生したときに、フォールト履歴情報8が存在する場合にはその順にページを先読みし、その他の場合には2次記憶装置に格納された順にページを先読みする。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 主記憶装置をアクセスし、主記憶装置に格納されていないページへのアクセスがあったときページフォールトを発生させて、該当するページを含む一群のページを 2 次記憶装置から主記憶装置へ転送する先読みを行う場合において、

予め設定されたフォールト履歴情報が存在する場合には、前記フォールト履歴情報に表された転送ページ順に従って前記一群のページを先読みして 2 次記憶装置から主記憶装置へ転送し、

その他の場合には、ページフォールトを発生したページと、そのページに連続して 2 次記憶装置に格納されたページ順に先読みして、前記主記憶装置に転送することを特徴とするオンデマンドページングにおける先読み方法。

【請求項 2】 発生したページフォールトに対して、2 次記憶装置に格納された該当するページとともに、他の任意のページを先読みして転送したにも関わらず、先読みしたページが参照されないままページフォールトが発生したとき、前記該当するページと、その直後に参照されたページとを、順に連続して先読みされるべきページとして対応付けて、フォールト履歴情報を生成することを特徴とする請求項 1 記載のオンデマンドページングにおける先読み方法。

【請求項 3】 実行されるプログラムを予め解析し、仮想アドレス順と異なる不連続なページ参照が行われる場合をリストアップしてテーブル化し、該当するページ毎に次に読み出すべきページを対応付けたフォールト履歴情報を生成することを特徴とする請求項 1 記載のオンデマンドページングにおける先読み方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、いわゆるオンデマンドページング方式を用いたオペレーティングシステムにおいて、ページフォールトを生じた際のページの先読みを効率的に行うオンデマンドページングにおける先読み方法に関する。

## 【0002】

【従来の技術】情報処理装置において、アプリケーションプログラムが各種の処理を実行する場合、プログラムやデータは主記憶装置に格納される。しかしながら、主記憶装置はハードウェアの構成により限定されたアドレス空間しか持たない。これに比し、アプリケーションプログラムを大きなものにすると、主記憶装置内にアプリケーションプログラム全てを格納することができなくなる。そこで、従来、仮想記憶方式によって、ハードウェア量に制限されない自由な仮想アドレス空間を設定するようにしている。このような方式では、実行中のプログラムは主記憶装置の物理アドレス空間に関わらず、より広い仮想アドレス空間をアクセスし、必要とするページ

が存在しない場合には、2 次記憶装置から該当するページを主記憶装置に転送する。このような方式をオンデマンドページング方式と呼び、情報処理装置のオペレーティングシステムに広く普及している。

## 【0003】

【発明が解決しようとする課題】ところで、ページフォールトが発生した場合、該当するページを 2 次記憶装置から主記憶装置に転送するだけでなく、そのページに続く数ページを一括して主記憶装置に転送し、ページフォールトが頻繁に発生するのを防止する方法がある。これをページの先読みと呼んでいるが、実際のプログラムでは同一の処理の繰り返しや分岐等が数多く存在し、必ずしも 2 次記憶装置に格納されたページ順（仮想アドレス順）に従って処理が進められるとは限らない。また、データ領域等は格納順を無視してアクセスされることが多く、非連続的なページ参照が多く発生する。従って、従来のように連続的なページの参照を考慮したページ先読み処理は必ずしもプログラムの高速処理に有効に作用するとは限らないといった問題があった。

## 【0004】

【課題を解決するための手段】本発明は上記の点を解決するため次の構成を採用する。この方法は、主記憶装置をアクセスし、主記憶装置に格納されていないページへのアクセスがあったときページフォールトを発生させて、該当するページを含む一群のページを 2 次記憶装置から主記憶装置へ転送する先読みを行う場合において、予め設定されたフォールト履歴情報が存在する場合には、フォールト履歴情報に表された転送ページ順に従って一群のページを先読みして 2 次記憶装置から主記憶装置へ転送し、その他の場合には、ページフォールトを発生したページと、そのページに連続して 2 次記憶装置に格納されたページ順に先読みして、主記憶装置に転送する。

【0005】なお、発生したページフォールトに対して、2 次記憶装置に格納された該当するページとともに、他の任意のページを先読みして転送したにも関わらず、先読みしたページが参照されないままページフォールトが発生したとき、該当するページと、その直後に参照されたページとを、順に連続して先読みされるべきページとして対応付けて、フォールト履歴情報を生成するとよい。

【0006】また、実行されるプログラムを予め解析し、仮想アドレス順と異なる不連続なページ参照が行われる場合をリストアップしてテーブル化し、該当するページ毎に次に読み出すべきページを対応付けたフォールト履歴情報を生成してもよい。

## 【0007】

【作用】実行中プログラムが主記憶装置をアクセスし、ページフォールトが発生するとそのページを含む数ページが読み出される。この場合に、過去にそのページの次

に参照されたページをフォールト履歴情報の中に格納しておく。従って、ページフォールトが発生したときに、フォールト履歴情報が存在する場合にはその順にページを先読みし、その他の場合には2次記憶装置に格納された順にページを先読みする。これにより、非連続的にページを参照するプログラム等のページフォールト発生率を低下させ、処理速度の向上を図る。

【0008】

【実施例】以下、本発明を図の実施例を用いて詳細に説明する。図1は、本発明のオンデマンドページングにおける先読み方法実施のための装置の機能ブロック図である。図において、実行中プログラム1は主記憶装置2に格納されたプログラムやデータを参照しながら一定の処理を実行する。この主記憶装置2には2次記憶装置3に格納されたプログラムやデータの一部分が写像される。実行中プログラム1によるアクセスでページフォールトが発生したとき、所定のページングを制御するためにオンデマンドページング制御部4が設けられる。このオンデマンドページング制御部4には、ページフォールト管理部5、ページフォールト履歴保持部6、先読み管理部7が設けられている。

【0009】ページフォールト管理部5は実行中プログラム1がページフォールトが発生した場合に、後で説明するページングや先読み処理を実行させるための制御部分である。ページフォールト履歴保持部6は、本発明において新たに設けられたもので、過去に発生したページフォールトの内容に従って、あるページが参照された場合に、その次に参照されたページを検出し、一定のフォーマットで格納しておく部分である。先読み管理部7はページフォールトが発生した場合、2次記憶装置3からページフォールトが発生したページのみならずその次に参照されると予測されるページを数ページ一括して主記憶装置2に転送する制御を行う部分である。

【0010】図2に、仮想記憶方式とページングの説明図を示す。この図に示すように、主記憶装置2によって設定される物理アドレス空間2Aに対し、実行中プログラム1の参照するプログラムやデータが大きいとき、実行中プログラム1は仮想アドレス空間3Aを想定してアクセスし、主記憶装置2に参照すべきページが存在しない場合、ページフォールトが発生させる。即ち、仮想アドレス空間3Aの主記憶装置2に写像されていない部分がアクセスされた場合、ページフォールトが発生する。そして、その部分のプログラムやデータは、図1に示す2次記憶装置3に格納されており、これが主記憶装置2に転送される。この場合に、オンデマンドページング方式ではページ単位でプログラムやデータが主記憶装置2に転送され、更に本発明の場合、先読み方式を採用することにより所定の数ページが一括して転送される。

【0011】図3に、フォールト履歴情報の参照動作を示す。この図の右側には仮想アドレス空間の各ページに

それぞれ一連番号を1から11まで付したものを表示した。また、左側にはフォールト履歴情報の内容を示した。このフォールト履歴情報の左側の番号は右側の番号のページを参照する直前に参照されていたページ番号である。即ち、例えばこの例では、1ページの次に2ページが参照され、2ページの次に4ページが参照されている。このようなフォールト履歴情報は、実際にプログラムを実行させ、その参照順を検出して記録することにより生成される。また、あるいは、予め実行されるプログラムを解析し、仮想アドレス順と異なる不連続なページ参照が行われる場合をリストアップしてマニュアルで作成する。

【0012】例えば、この例では、仮想アドレス空間の第4ページを参照した場合にページフォールトが発生したものとす。通常の場合には、例えばこの第4ページと共に第5ページと第6ページが先読みされて主記憶装置に転送される。一方、本発明においては、ここでフォールト履歴情報を参照する。フォールト履歴情報によれば第4ページの次は第10ページが参照されている。また、第10ページの次は第8ページが参照されている。従って、本発明においては、第4ページ、第10ページ、第8ページの順に先読みを行う。このようにすれば、過去の履歴等から考慮した最適な順にページが参照され、ページフォールトの発生率が十分に低く抑えられる。

【0013】図4には、このようなフォールト履歴情報の更新方法説明図を示す。例えば、過去のプログラムの実行履歴によって、このフォールト履歴情報を生成する場合においては、最初は従来通り仮想アドレス順に4、5、6ページというようにページを先読みし、主記憶装置に転送する。しかしながら、その後再びページフォールトが発生した場合、その経過を認識して先に説明したようなフォールト履歴情報を得る。

【0014】例えば、この図に示すように、第4ページがアクセスされてページフォールトF1が発生したとき、第4ページと第5ページと第6ページを先読みし、主記憶装置に転送する。このとき、第4ページの次にフェッチされた第5ページ、第6ページについてはページテーブルエントリーの更新を行わない。即ち、第4ページの参照中は、その状態を保持しておく。そして、その次に第5ページあるいは第6ページが参照された場合はよいが、第10ページが参照された場合には、ページフォールトF2が発生する。ここで、第10ページと第11、第12ページが再び通常の手順で先読みされる。このとき、直前まで保持していたページテーブルエントリーを取り出し、第4ページの次に第10ページが参照されたことを検出する。その結果がフォールト履歴情報として図1に示すページフォールト履歴保持部6に格納される。

【0015】同様に、第10ページ、第11ページ

及び第12ページが転送された後、再び第8ページについてページフォールトが発生すると、第10ページの後に第8ページが参照されたことが検出され、同様にしてページフォールト履歴保持部に格納される。こうして、フォールト履歴情報が次々に更新され、効率のよいページの先読み処理が実行される。

【0016】一方、予めプログラムを解析してフォールト情報を生成して準備しておくこともできる。この場合、これは図1に示したファイル管理部9によって処理される。即ち、ファイル管理部9に予め用意されたフォールト履歴情報がプログラム実行直前に初期値としてページフォールト履歴保持部6に読み込まれる。これによって、プログラム実行開始直後から、本発明による効率的なページの先読み処理が可能となる。なお、プログラムの実行に従って、図4を用いて説明したようにフォールト履歴情報が更新され、その結果がプログラム終了後再びファイル管理部9に格納される。これによって、ファイル管理部9に格納されたフォールト履歴情報がプログラムの実行を繰り返す度に最適化されより効率的な処理が可能となる。なお、このようなフォールト履歴情報はプログラムのコンパイルの際にコンパイラによって作成することが可能である。

【0017】本発明は以上の実施例に限定されない。本発明は仮想記憶方式を使用したページングを採用する各種の構成の情報処理装置に適用が可能であって、オンデマンドページング制御部の構成や機能ブロックはその情報処理装置の構成に従って自由に選定して差し支えない。また、フォールト履歴情報等の形式も、例えば直前に参照したページと、その次に参照したページとを関連付けるようにしたが、数ページ一括して先読みし転送を

行う場合、数ページ分を連結した内容の情報とし、先読み処理を効率的に行うといった実施態様も可能である。

【0018】

【発明の効果】以上説明した本発明のオンデマンドページングにおける先読み方法は、プログラムが仮想アドレス順でなく、不連続的にページを参照するような場合に、その参照履歴をフォールト履歴情報として格納し、これが存在する場合には、そのフォールト履歴情報に表された転送ページ順に従って一群のページを先読みし2次記憶装置から主記憶装置に転送する構成にしたので、無条件に仮想アドレス順にページを先読みする場合に比べてページフォールト発生率を減少させる。また、プログラム実行速度を速めその効率化を図ることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の方法実施のための装置ブロック図である。

【図2】仮想記憶方式とページングの説明図である。

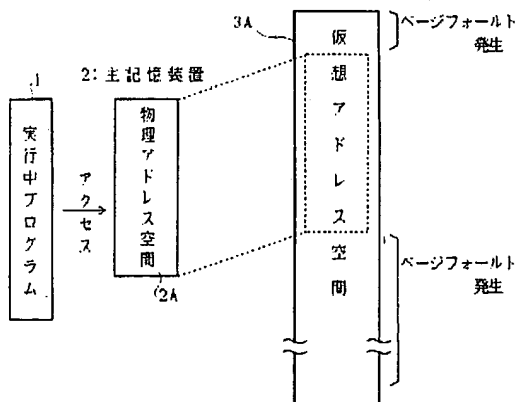
【図3】フォールト履歴情報の参照動作説明図である。

【図4】フォールト履歴情報更新方法説明図である。

【符号の説明】

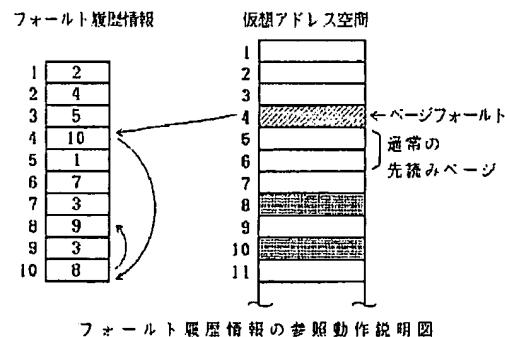
- 1 実行中プログラム
- 2 主記憶装置
- 3 2次記憶装置
- 4 オンデマンドページング制御部
- 5 ページフォールト管理部
- 6 ページフォールト履歴保持部
- 7 先読み管理部
- 8 フォールト履歴情報
- 9 ファイル管理部

【図2】



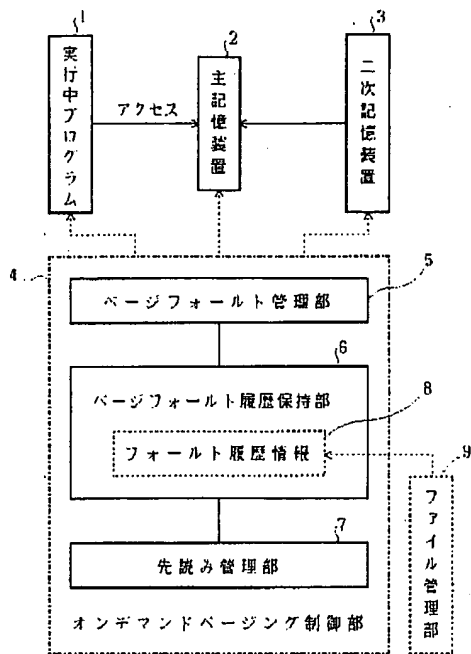
仮想記憶方式とページングの説明図

【図3】



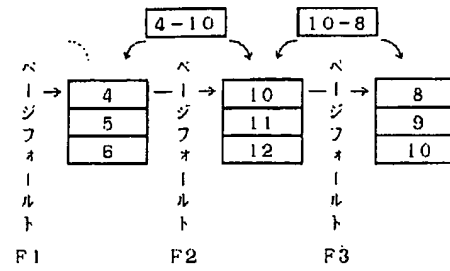
フォールト履歴情報の参照動作説明図

【図1】



本発明の方法実施のための装置ブロック図

【図4】



フォールト履歴情報更新方法説明図